

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Harri Veittikoski

Kaasuturbiinin säätöjen suunnittelu, ohjelmointi ja viritys

Työn valvoja	DI Leo Sutinen
--------------	----------------

Työn teettäjä	Metso Automation
---------------	------------------

Tampere	2008
---------	------

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Veittikoski, Harri Kaasuturbiinin säätöjen suunnittelu, ohjelmointi ja viritys

Tutkintotyö 23 sivua + 3 liitesivua

Työn valvoja DI Leo Sutinen

Työn teettäjä Metso Automation

Elokuu 2008

Hakusanat sovellussuunnittelu, kaasuturbiini, säädöt, metsoDNA

TIIVISTELMÄ

Tehtävä työ liittyy kaasuturbiinin modernisointiprojektiin metsoDNA-automaatiojärjestelmällä. Siinä korvattiin 1970- luvun puolivälissä käyttöönotettu pneumaattinen ohjausjärjestelmä metsoDNA-järjestelmällä. Tällä ohjataan ja säädetään nyt kaikkia turbiinin ohjauksessa tarvittavia toimintoja oheislaitteineen. Projektissa uusittiin olemassaoleva kaasuturbiinin pneumaattinen ohjausjärjestelmä sekä toteutettiin turbiinisuoja eheystason 2 (SIL2) mukaisesti. Tässä tutkintotyössä on kuvattu kaasuturbiinin säätöjen suunnittelu, toteutus ja viritys.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Veittikoski, Harri Programming and adjusting of gas turbine controls

Engineering thesis 23 pages + 3 appendix

Thesis supervisor DI Leo Sutinen

Comissioning Company Metso Automation

August 2008

Keywords application engineering, gas turbine, controls,
metsoDNA

ABSTRACT This thesis affiliates to the gas turbine control system modernization project. In the project the old pneumatic based control system, installed in middle of 1970's was replaced to a new metsoDNA control system also the turbine safety system was implemented. Control system is controlling and adjusting all the functions that are needed for driving and controlling the gas turbine. The aim of this thesis is to implement, program and tune the gas turbine controls.

SISÄLLYSLUETTELO

Lyhenneluettelo	5
metsoDNA automaatiojärjestelmä.	5
1 Johdanto	6
2 metsoDNA AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	6
2.1 Yleistä	6
2.2 Konfigurointi	9
3 KAASUTURBIINI JA MAAKAASU.....	10
3.1 TOIMINTAPERIAATE.....	10
3.2 KAASUTURBIINIVOIMALAITOS.....	11
3.3 MAAKAASU.....	12
4 KAASUTURBIININ SÄÄTÖPERIAATE.....	13
5 SÄÄTÖJEN TOTEUTUS	15
5.1 JOHDANTO.....	15
5.2 TURBIINISÄÄDIN.....	16
5.3 KIERROSLUKUSÄÄDIN JA KIIHTYVYYSRAJOITIN	17
5.4 TEHOSÄÄDIN	17
5.5 TEHON RAJOITUSSÄÄDIN.....	18
5.6 SIIVISTÖN LÄMPÖTILAN RAJOITUSSÄÄTIMET.....	18
5.7 PAKOKAASUN LÄMPÖTILAN RAJOITUSSÄÄDIN	18
5.8 KIIHTYVYYSRAJOITIN	18
5.9 JÄÄHDYTYSILMAN LÄMPÖTILARAJOITIN	19
5.10 KÄSIASEMAT.....	19
5.12 ESIMERKKIOHJELMAT	20
6 KÄYTTÖLIITTYMÄ.....	21
7 KÄYTTÖÖNOTTO.....	22
8 YHTEENVETO	22
LÄHDELUETTELO	23

LIITTEET

Liite 1	Kierrosnopeussäädin
Liite 2	Siivistön lämpötilasäädin
Liite 3	Ylösajoasetusarvon muodostus

Lyhenneluettelo

metsoDNA	Dynamic Network of Applications, Metso Automationin automaatiojärjestelmä.
EAS	Suunnittelupalvelin, jolta tehdään kaikki järjestelmän konfiguroinnit.
EAC	Suunnittelutyöasema, jolta tehdään sovellusohjelmointia, sekä käyttöliittymäsuunnittelua.
CHP	Combined heat and power plant. Yhdistetty sähköä ja kaukolämpöä tuottava voimalaitos.
mA	4...20 mA (milliAmpeeri) virtaviesti. Standardi yleisesti käytössä oleva, lähettimissä mittausviestinä ja myös säätöventtiileissä, ohjausviestinä käytetty signaali.
I/P-muunnin	Muunnin, joka muuttaa 4...20 mA virtaviestin esim. 0-1 bar paineilma eli pneumaattiseksi viestiksi.
kierr./min	Kierrosluvun mittayksikkö, joka kertoo, kuinka monta kierrosta kappale pyörii minuutissa.
Gradientti	Ilmaisee muutosnopeuden aikayksikössä.
MW	Megawatti, tehon yksikkö, 10^6 wattia.
PID-säädin	Proportional-integral-derivative-säädin, lyhyemmin PID-säädin. Yksi säätötekniikan perussäätimistä. Säätimen nimi muodostuu kolmesta toimintoa kuvaavasta termistä: suhde, integroiva ja derivoiva.
IO	Englannin kielinen ilmaisu input-output, joukko rajapintoja, joita tietojenkäsittelyjärjestelmät käyttävät keskinäiseen tiedonvälitykseen.

1 Johdanto

Kaasuturbiinien tarjoama nopea käynnistettävyyys tehon tuottamiseen, tarjoaa mahdollisuuden käyttää niitä kohtuullisin ohjausjärjestelmän muutoksin sähköverkon huippuvoiman tuottamiseen etäohjauksen avulla. Tehtävät muutokset, kuten tässäkin projektissa toteutetut, ovat ohjausjärjestelmän nykyaikaistaminen, suojausjärjestelmän uusiminen nykypäivän turvavaatimusten mukaiseksi. Muutoksilla mahdollistetaan myös laitoksen etäohjaus.

Koska projekti oli laajuudeltaan sen verran pieni, olin siinä pää- ja sovellussuunnittelijana, sekä huolehdin myös järjestelmän käyttöönotosta. Käyttöliittymän toteutuksesta vastasi voimalaitoksiin erikoistunut käyttöliittymän suunnittelija.

2 metsoDNA AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

2.1 Yleistä

Hajautetut automaatiojärjestelmät ovat muuttumassa dynaamisiksi sovellusverkoiksi uusien avoimien tekniikoiden ansiosta. Tällä halutaan päästä lähelle ihmisiä sekä tukea heitä työtehtävissään. Tämä tuodaan esille mm. metsoDNA:n nimessä (Dynamic Network of Applications), joka tarkoittaa suomeksi dynaamista sovellusverkkoa. MetsoDNA automaatiojärjestelmässä on myös käytössä muutamia uutuuksia, esimerkiksi on otettu käyttöön tietämysverkko. Tässä verkossa voidaan reaaliaikaista dataa ja historia-dataa käyttää tukemaan päätöksen teossa esimerkiksi häiriötilanteissa. Lisäksi avoimella verkolla lisätään eri sovellusten yhteensopivuutta ja samoin halutaan edesauttaa sulautetun automaation käytön eli esim. älykkäiden anturien käyttämisen.

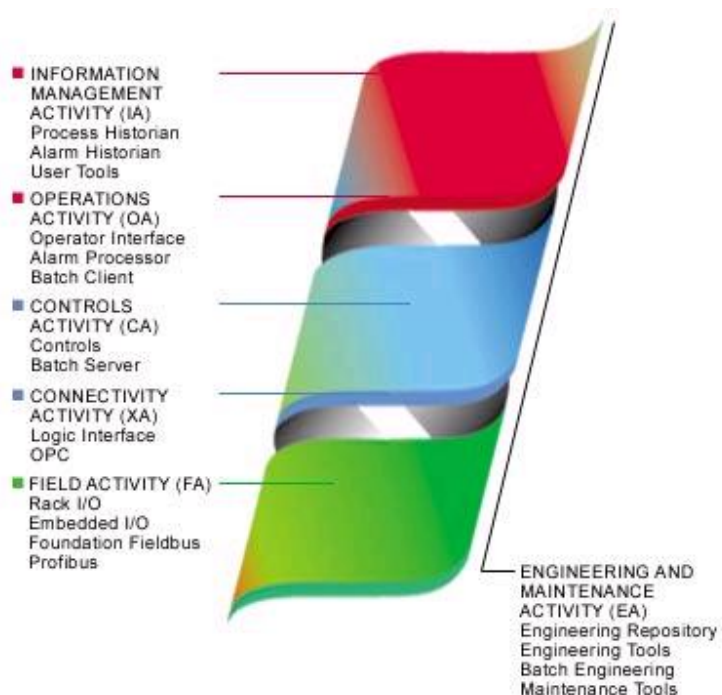
MetsoDNA:n verkko on myös täysin muokattavissa käyttäjän tarpeitten mukaan. Sovellusta on siis mahdollista käyttää niin pieniin kuin suuriin ja monimutkaisiin tehtäviin. Lisäksi on myös mahdollista ajaa koko prosessi yhdessä työasemassa. Tämän mahdollistaa SoftDCS, jossa kaikki kentän hajautetut laitteet on mallinnettu PC-työasemaan ja prosessi on ajettavissa yhden koneen sisällä. Lisäksi järjestelmä on luotu tukemaan aikaisempia tekniikoita, ei korvaamaan niitä.

DNA Architecture



Kuva 1. MetsoDNA:n verkkoarkkitehtuuri. /1/

MetsoDNA koostuu kuudesta eri aktiviteetista, jotka liittyvät toisiinsa eri verkkotoiminnoilla. Aktiviteetit voivat ulottua koko verkkoon tai vaihtoehtoisesti ne voivat kohdistua vain yhteen laitteiston osaa/ solmupisteeseen. MetsoDNA:n ydin on eri aktiviteetteja yhdistävä verkko.



Kuva 2. DNA-arkkitehtuuri /1/

Valvomoverkko liittää yhteen käyttöliittymien komponentit, ja prosessiverkko kytkee yhteen prosessinohjauksen komponentit. Prosessiohjaimet on myös kytketty valvomoverkkoon, millä mahdollistetaan käyttöliittymien ja prosessiohjaimien välisen kommunikaation. Kenttäväylät kytkevät yhteen I/O:t, kenttälaitteet sekä prosessinohjaimet. Toimistoverkko on yhdistettävissä valvomoverkkoon käyttöliittymän kautta. Kuitenkin valvomo- ja toimistoverkko on erotettu toisistaan mahdollisten ylikuormitusten sekä paremman tietoturvan vuoksi.

Informaationhallinta aktiviteetti koostuu prosessi-, hälytys- ja panosohjausten historia- tietokannoista, jotka mahdollistavat raportointi- ja analysointityökalujen käytön.

Operointiaktiviteetti koostuu operointi- ja panosprosessin käyttöliittymästä sekä hälytyskäsittelystä.

Säätöaktiiviteetti koostuu sekä jatkuvan- että panosprosessin prosessinhallinnan ohjaimista, jotka kattavat kaiken aina peruspiireistä vaativampiin laadunoptimoinnin hallintaan.

Kenttäaktiiviteetti kattaa normaalin kehikko-I/O:n, sulautetun kenttä- ja moottori-I/O:n sekä standardit kenttäväylät. Kenttäaktiiviteettiin kuuluvat myös Valmet PaperIQ:n skannerit ja toimilaitteet.

Liityntä aktiiviteetti tarjoaa ulkoiset liittymät muihin järjestelmän osiin, kuten tietokoneisiin, logiikoihin, erityismittalaitteisiin ja myös Damaticin aikaisempiin versioihin.

Suunnittelu- ja ylläpitoaktiiviteetti sisältää suunnittelutiedot sekä aktiiviteettien suunnitteluun ja muuttamiseen tarvittavat työkalut.

Etäpalvelu mahdollistaa Metso Automation Servicen antaman on-line tukipalvelun verkon välityksellä suoraan asiakkaalle. /1/

2.2 Konfigurointi

MetsoDNA:n sovellussuunnittelu tapahtuu FbCad ohjelmalla. Sitä käytetään järjestelmän EAS-palvelimelta tai EAC-työasemalta. FbCadilla suunnitellaan toimilohkokaavioita eli metsoDNA:n ohjaaman prosessin säätöön ja ohjauksiin liittyviä säätöpiirejä. Toimilohkokaaviot koostuvat konfigurointitoiminnoista, joita ovat mm. PCS:n jatkuvat säädöt, I/O-toiminnot sekä valvomon positio-, operointi- ja tapahtumatoiminnot sekä informaationhallinta aktiiviteetin historiatoiminnot. MetsoDNA automaatiojärjestelmässä käytettävä automaatiokieli mahdollistaa nimipohjaisen kommunikoinnin, eli tietoa järjestelmän sisällä siirretään nimien avulla.

Kaavionäyttösuunnittelu tapahtuu DNAuse-editor ohjelmalla. Sitä käytetään järjestelmän EAS-palvelimelta tai EAC-työasemalta. Kaavionäytöillä tarkoitetaan yleis-, ajo-, laite- ja tarkennenäyttöjä, joissa esitetään tietoa prosessista sekä laitteista ja joiden avulla prosessia ohjataan. Kaavionäytöt sijoitetaan näyttöhierarkiaan. Kaavionäyttöjen efekteillä tarkoitetaan numeroina, patsaina, teksteinä ja symboleina esitettäviä prosessitietoja. Käytettäviä vakioefektejä ovat mm. mittaus, säädin, käsiasäädin, moottori, sulkuventtiili, moottoriventtiili, kytkin, tilatieto, binäärihälytys ja sekvenssi.

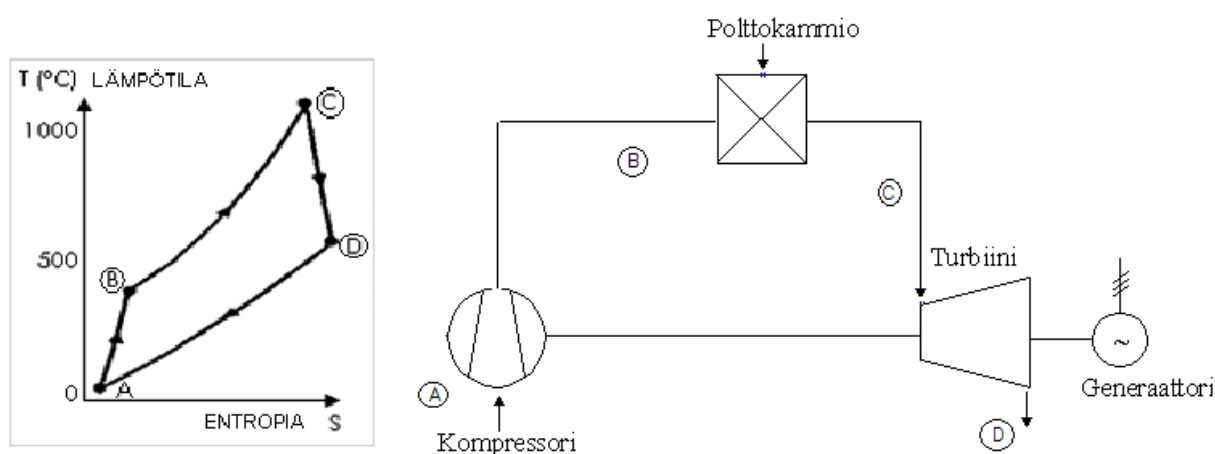
3 KAASUTURBIINI JA MAAKAASU

3.1 Toimintaperiaate

Kaasuturbiini on monessa suhteessa yksinkertaisin kaikista voimakoneista. Se on täysin itsenäinen eikä vaadi kattilaa eikä muuta ulkonaista lämpölähdettä. Koska se itse polttaa polttoainetta, ja muuttaa syntynyttä lämpöä mekaaniseksi energiaksi, saman yhdistelmän sisäpuolella.

Kaasuturbiinin muodostavat moniasteinen, tehokas aksiaalikompressori, sarja polttimia sekä turbiini. Joissakin tapauksissa se on kytketty suoraan käytettävään koneeseen, mutta milloin kierrosluvun alennus tai korotus on tarpeen, kytketään tarpeen mukainen hammaspyörävaihte kaasuturbiinin ja käytettävän koneen väliin.

Ulkoa otettua ilmaa puristetaan kokoon ja toimitetaan polttokammioon, jossa polttoainetta poltetaan, ja tämä lämpö lisätään puristettuun ilmaan. Puristettu ja lämmitetty ilman ja palamistuotteiden sekoitus toimitetaan turbiiniin, jossa lämpöenergia erotetaan ja muunnetaan mekaaniseksi pyörimistyöksi. Osa turbiinin kehittämästä tehosta käytetään aksiaalikompressorin käyttämiseen, ja loput tehosta käytetään käytettävän koneen pyörittämiseen. /2/



kuva 3. Kaasuturbiiniprosessi (Brayton) T, s-diagrammi /2/

Kaasuturbiini tuottaa energiaa kuvassa 3, esitettyä ns. Brayton-prosessia hyödyntäen. Ahdin puristaa ilmaa kuvan pisteiden A ja B välillä. Ilman lämpötila nousee hieman puristuksen takia. Ahdin ajaa ilman polttokammioon, jossa siihen sekoitetaan polttoainetta. Polttoaine palaa pisteiden B ja C välillä. Palamisessa syntyneet kuumat kaasut paisuvat turbiinissa pisteiden C ja D välillä muuntaen palamisessa vapautuneen lämpöenergian mekaaniseksi energiaksi.

3.2 Kaasuturbiinivoimalaitos

Kaasuturbiini on saavuttanut suosiota aluksi huippu- ja varavoiman tuotannossa, koska kaasuturbiinilaitos on hankintahinnaltaan edullinen, käynnistettävissä nopeasti ja toimii vähällä henkilökunnalla. Laitokset ovat kehittyneet tekniikaltaan hyvin luotettaviksi, ja modulaarisina kokonaisuuksina niitä on alettu käyttää myös jatkuvassa käytössä mm. sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Maakaasun suosion kasvu on lisännyt kaasuturbiinilaitosten kysyntää.

Polttokammiosta turbiiniin menevän savukaasun suhteellisen korkean, noin 1200 °C, alkulämpötilan ansiosta keskimääräinen siirtolämpötila on n. 700 °C. Tämä antaa potentiaalisen mahdollisuuden korkeaan hyötysuhteeseen. Prosessin epäedullisin tekijä hyötysuhteen kannalta on korkea poistokaasujen lämpötila, joka saattaa kohota jopa 600 °C:seen. Tämän johdosta sähköntuotannon nettohyötysuhde jää noin 33 %:iin. Korkea lämpötila voidaan hyödyntää kaasuturbiiniprosessin yhteydessä siten, että poistolämpö käytetään hyväksi lämmöntuotannossa samalla tavoin kuin vastapainevoimalaitoksessa. Lämpö voidaan käyttää joko suoraan kuumana kaasuna tai siirtämällä lämpö höyry- tai vesikiertoon. /3/

3.3 Maakaasu

Maakaasu on väritöntä, myrkytöntä ja ilmaa lähes puolet kevyempää luonnonkaasua. Suomeen tuleva Länsi-Siperian maakaasu on erittäin puhdasta ja tasalaatuista. Se koostuu suurimmaksi osaksi metaanista, mutta siinä on myös pieniä määriä typpeä, etaania, propaania sekä muita raskaampia hiilivetyjä. Maakaasua saadaan poraamalla maan uumenista kuten öljyäkin. Merkittävimmät maakaasuesiintymät sijaitsevat Venäjällä ja Lähi-idässä. Esiintymiä on myös Norjassa sekä Pohjois-Amerikassa. Maakaasun käyttöalue Suomessa ulottuu Kaakkois-Suomesta pääkaupunkiseudulle, Pirkanmaalle ja osaan läntistä Uuttamaata.

Maakaasun käyttö edellyttää maakaasuverkon olemassaoloa. Maakaasun kuljettaminen laivalla nesteytetyssä muodossa on myös teknisesti mahdollista, mutta sitä Suomessa ei tehdä.

Maakaasu on energialähteenä tehokas, sillä sen siirtohäviöt ovat pienet ja sitä voidaan käyttää erittäin korkealla hyötysuhteella, eli kaasun energia pystytään hyödyntämään tuotannossa lähes kokonaan. Maakaasun käytön hyvä hyötysuhde johtuu säädön helppoudesta, täydellisestä palamisesta, puhtaista savukaasuista sekä lämmön talteenottomahdollisuuksista.

Maakaasu sopii erityisen hyvin kombivoimalaitoksiin, joissa on sekä höyry- että kaasuturbiini. Niissä on mahdollista tuottaa merkittävästi enemmän sähköä kuin tavanomaisissa voimalaitoksissa ja hyödyntää prosessissa syntyvä lämpö kaukolämpönä.

Maakaasua ei ole yhtä helppo varastoida kuin esimerkiksi kivihiiiltä tai öljyä. Suomessa maakaasua varastoidaan ainoastaan putkiverkkoon vuorokausivaihteluiden tasaamiseksi.

Maakaasu on ympäristöystävällinen fossiilinen polttoaine. Sen käytöstä eli poltosta ei aiheudu lainkaan rikkidioksidipäästöjä. Kaasumaisen olomuodon ansiosta ei liioin muodostu hiukkas- ja raskasmetallipäästöjä eikä tuhkaa.

Vajaa puolet kaasusta käytetään teollisuudessa. Nykyisin yli puolet maakaasusta käytetään kaukolämmityksessä ja siihen liittyvässä voimantuotannossa.

Maakaasun hyvät ominaisuudet pääsevät parhaiten oikeuksiinsa erilaisissa prosessisovelluksissa: maakaasuliekki tai puhtaat savukaasut voivat koskettaa valmistettavaa tuotetta esimerkiksi kuumennuksessa, kuivauksessa tai kypsennyksessä. Monissa prosesseissa maakaasulla voidaan korvata myös sähköä.

Erityisen hyvin maakaasu sopii polttoaineeksi yhdistettyyn sähkön ja kaukolämmön tuotantoon (CHP). Suuremmissa kohteissa käytetään yleensä kaasuturbiineja. Kun kaasuturbiini yhdistetään höyryturbiiniprosessiin, saadaan ns. kombilaitos, joita Suomessa on useita. Kombilaitoksilla on korkea rakennusaste, joka tarkoittaa sitä, että niistä saadaan suuri määrä sähköä suhteessa tuotettuun lämpöön. Pienemmissä CHP-laitoksissa voidaan käyttää myös kaasumoottoreita. Suomessa maakaasua käytetäänkin ennätyksellisen paljon yhdistetyssä lämmön ja sähkön tuotannossa. /4/

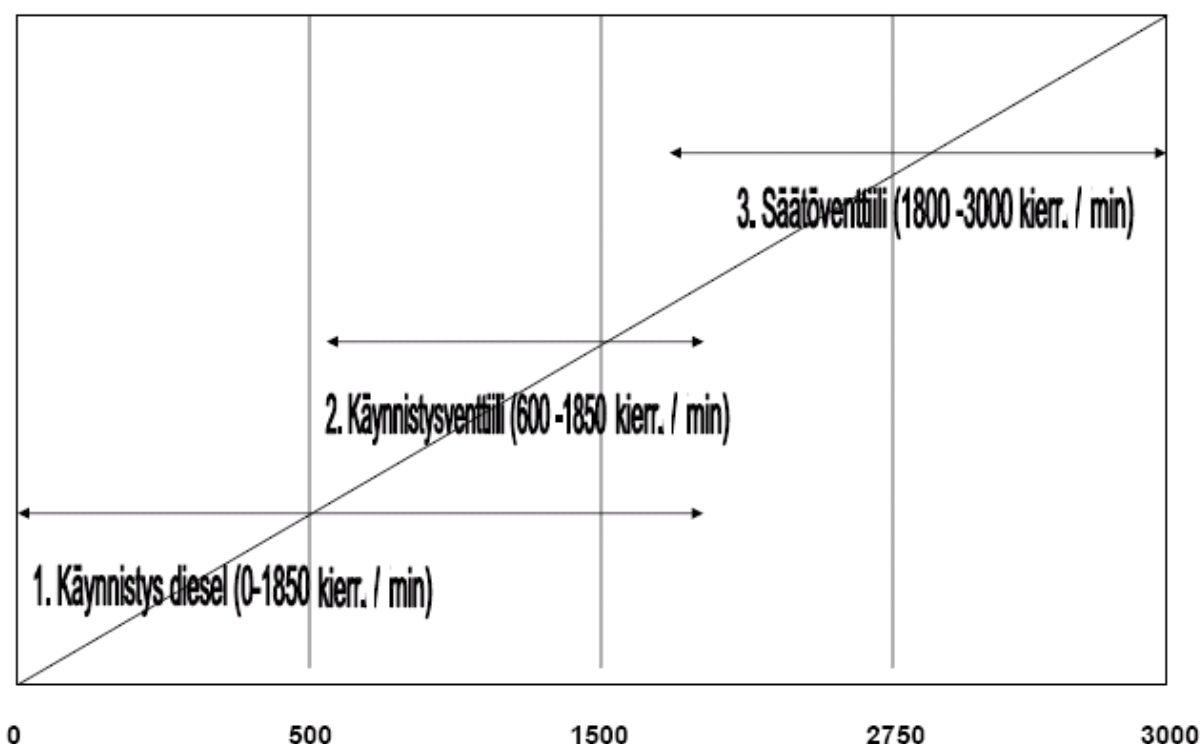
4 Kaasuturbiinin säätöperiaate

Kaasuturbiini käynnistetään ylösajo-ohjelmalla, joka portaittain ohjaa turbiinin verkkoon minimiteholle. Turbiiniin johdettavaa maakaasua tai öljyä säädetään kahdella säätöventtiilillä, startti- ja pääsäätöventtiilillä. Näitä ohjataan analogisesti 4...20 mA viestillä, joka I/P-muuntimilla muunnetaan pneumaattiseksi ohjausviestiksi.

Turbiini pyöritetään käynnistysdieselillä sytytyskierroksille (kierr./min > 600) asti. Tämän jälkeen avataan maakaasun pikasulkuventtiilit. Sytytysvaiheessa starttiventtiili on ohjausteknisesti kiinni. Starttiventtiilistä kaasua johdetaan turbiinille mekaanisella minimiavautumalla. Sytytysvaiheen kesto on 60 sek., ja sitä valvotaan neljällä liekkitiedolla. Jos liekkitietoja ei tänä aikana saada, niin ylösajo keskeytetään. Kun liekkitiedot on saatu, niin kaasuturbiinia pyöritetään starttiventtiilin minimiavautumalla 30 sekuntia. Tänä aikana saadaan lämpötila turbiinin siivistössä tasautumaan. Siivistön lämpötila nousee hetkellisesti sytytysvaiheessa n. 700 C°:n lämpötilaan. Turbiinin pyörimisnopeus saadaan nousemaan miniavautumalla n. 850-900 kierr./min. Tämän jälkeen aletaan säätää starttiventtiiliä kierroslukuasetuksen mukaisesti. Ylösajo-ohjelma ”rampittaa” kierrosluvun asetusarvoa asetellun gradientin mukaisesti. Gradientin arvo saadaan turbiinin valmistajalta. Tätä arvoa ei missään tilanteessa saa

ylittää. Tässä kaasuturbiinissa ylösajovaiheen gradienttina käytössä on 250-334 kierr./min.

Starttiventtiiliä avaamalla kierrokset nostetaan 1600 kierr./min. Tämän jälkeen aletaan avata pääsäästöventtiiliä. Starttiventtiili on täysin auki, kun kierrosnopeus on noin 2000 kierr./min. Tästä eteenpäin kierroksia säädetään pelkästään pääsäästöventtiilillä. Kierroksia kasvatetaan tyhjäkäyntikierroksille noin 3000 kierr./min asti.



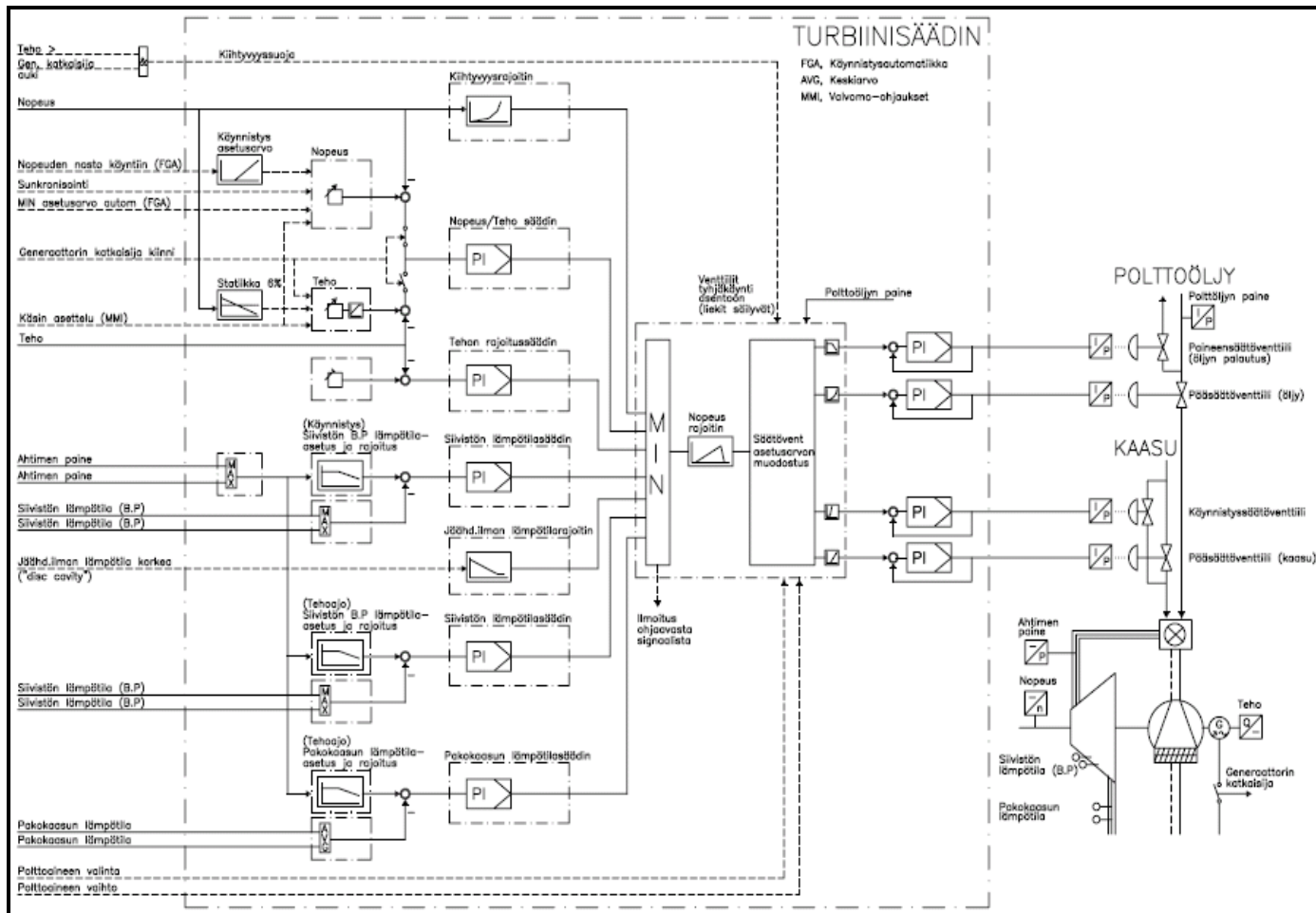
Kuva 5. Kaasuturbiinin kolmeportainen (vaiheinen) periaatteellinen käynnistys (arvot "viitteellisiä")

Turbiini kytkeytyy verkkoon kun kierroksia on 2950 - 3010 minuutissa. Verkkoon kytkeytymistä ohjaa erillinen tahdistuslaitteisto, joka ohjaa turbiinin sähköverkkoon kytkevän katkaisijan ja erottimen kiinni. Turbiini kytkeytyy verkkoon minimiteholla 2 MW. Tämän jälkeen tehoa nostetaan turbiinivalmistajalta saadun tehogradientin mukaan, joka on 1-15 MW/min. Täydet tehot ovat ulkolämpötilasta riippuen 30-32 MW. Tämä ero aiheutuu turbiinin ajotavasta, jossa pyritään maksimitehoon, johon tehoa pyritään ajamaan. Tehon ollessa lähellä maksimia, tehon nousua alkaa rajoittaa turbiinin siivistöjen lämpötila.

Tämän projektin kaasuturbiinin polttoaineena voidaan käyttää valinnan mukaan maakaasua tai kevyttä polttoöljyä, kuitenkin siten että käynnistys tapahtuu aina maakaasulla. Vaihto tehdään tehon ollessa 20 MW. Vaihtoa varten tehtiin omat vaihtosekvenssit molemmille ajotavoille.

5 Säätojen toteutus

Säätöperiaatteet on esitelty kuvassa 6.



Kuva 6. Turbiinin säätämisen periaatekaavio

5.1 Johdanto

Säädöt suunniteltiin asiakkaan tekemän perussuunnittelun pohjalta, näitä suunnitelmia tarkennettiin toteutuksen aikana suunnittelun edetessä sekä

tehdastestien testiajojen aikana. Turbiinin säätöön tuli yhteensä 14 kpl. erillisiä säätimiä oheislogiikoihin. Säättöjen toteutukset on metsoDNA:n FbCad- suunnitteluohjelmiston PID-toimilohkon ominaisuuksien pohjalta rakennettu. Turbiinin säädöt toteutettiin ns. nopealla IO:lla, ja säättöjen suoritushakiksi eli ohjelman suoritushakiksi asetettiin 30 ms.. Näin saatiin riittävä nopeus ohjauksiin.

Nopean IO:n käyttö vaatii liityntäkorttien alustana käytettävien IO-kehikoiden jakamista useammalle kenttäväylälle siten, että normaalilla 300-1000 ms:n suoritushakilla olevat piirit tulevat omalle kenttäväylälleen. Näitä voi yhteen prosessiasemaan olla liitettynä n. 1700 IO:a. Nopean suoritushakian piirit asennetaan omalle kenttäväylälle ja omalle IO-kehikolleen. Näiden IO:iden määrä on rajattu muutamiin kymmeniin. Määrien ylittyessä prosessiasemalle saattaa aiheutua ylikuormitus, jolloin prosessin ohjaus ei ole luotettavaa.

Säätömuodoksi valittiin PI-säätö. D-termin tarjoamaa ennakkointia ei tarvita, koska maakaasun syöttö turbiiniin tulee vakioaineella ilman nopeita häiriöitä.

5.2 Turbiinisäädin

Kuvassa 3 näkyvä turbiinisäädin ohjaa kaasuturbiinin polttoaineen säätöventtiileitä (kaasu, öljy) sytytyksestä tyhjäkäynnille eli noin 3000 kierr./min asti ja edelleen tahdistuksen jälkeisestä minimitehosta maksimiteholle.

Käynnistyksen aikana pyörimisnopeuden lisääntymistä valvovat kiihtyvyyssrajoitin ja siivistön lämpötilan rajoitussäädin.

Tehoajolla tehon lisääntymistä valvovat siivistön ja pakokaasun lämpötilan rajoitussäätimet sekä jäähdytysilman lämpötilarajoitin.

Maksimi tehonylitystä valvoo tehon rajoitussäädin.

Säätöventtiilien asetusarvosignaalin muutosnopeutta MIN-valitsimen jälkeen rajoitetaan nopeusrajoittimella.

5.3 Kierroslukusäädin ja kiihtyvyyssrajoitin

Turbiini ajetaan ylös/käynnistetään kierroslukusäätimellä, joka alkaa nostamaan asetusarvoaan gradientin mukaisesti. Kierroslukusäädin on tehty PI-säätönä. Sen lähtö menee MIN-valitsimen kautta polttoaineventtiileille. Kierroslukusäädin on toiminnassa ylösajon aikana. Kun turbiini on tahdistettu verkkoon, säädin otetaan pois toiminnasta. Tehoajolla generaattorin katkaisijan avautuminen ohjaa kierroslukusäätimen takaisin toimintaan. Tällöin asetusarvo on tyhjäkäyntikierroksia vastaava eli noin 3000 kierr./min. PI-säätäjän toimilohkon paikallisasetusarvo (local setpoint, sp1) ei ole käytössä, vaan asetusarvo kirjoitetaan säätäjälle ulkoisen asetusarvon (remote setpoint, sp2) kautta.

Asetusarvo muodostetaan erillisellä logiikalla, jossa tehdään mm. seuraavat toiminnot:

- ylösajon asetusarvo lasketaan asetellun gradientin mukaisesti
- estetään asetusarvon alaspäin muuttaminen ylösajon aikana
- tyhjäkäyntikierrokset saavutettaessa tahdistuslaitteistolta saadaan pulsseina tieto, nostetaanko vai lasketaanko kierroksia tahdistuksen onnistumiseksi
- valvotaan tehoajon aikana verkosta irtikytkeytymistä jolloin turbiini on nopeasti ohjattava tyhjäkäyntikierroksille. Jos näin ei tehdä, turbiini ns. "ryntää" ja kierrokset nousevat hallitsemattomasti. Turbiinin ylikierrokset ovat 3300 kierr./min, tämän arvon ylittyessä turbiinin suojauslogiikka suorittaa pikapysäytyksen.

5.4 Tehosäädin

Turbiinin kytkeydyttyä verkkoon kierroslukusäädin kytkeytyy pois päältä ja tehosäädin kytkeytyy päälle. Tehosäädin on tehty PI-säätönä, jonka lähtö menee MIN-valitsimen kautta polttoaineventtiileille. Tehoajolle siirryttäessä turbiinin tehoa nostetaan asetellun gradientin mukaisesti täydelle teholle. Polttoaineen vaihtotilanteessa teho lasketaan 20 MW, jonka jälkeen vaihto suoritetaan. Tämän jälkeen tehot nostetaan takaisin maksimiin. Tehoajolla generaattorin katkaisijan avautuminen ohjaa tehosäätimen pois päältä.

5.5 Tehon rajoitussäädin

Tehon rajoitussäädin ohjaa asetellun maksimitehon ylittyessä polttoaineen säätöventtiileitä kiinnipäin. Tämän PI-säätimen lähtö menee MIN-valitsimen kautta turbiinisäätäjälle.

5.6 Siivistön lämpötilan rajoitussäätimet

Käynnistys- ja tehoajolle on molemmille omat itsenäisesti toimivat rajoitussäätimet. Niiden asetusarvot muodostetaan ahtimen paineesta (MAX-valinta) ja oloarvo siivistön lämpötiloista (MAX- valinta). Säädöillä pyritään rajoittamaan siivistön lämpötilan kohoamista yli sallittujen raja-arvojen. Käynnistyksessä tehoajon rajoitussäädin ei ole käytössä. Säädöt ovat PI-säätimiä joiden lähtö menee MIN-valitsimen kautta turbiinisäätäjälle.

5.7 Pakokaasun lämpötilan rajoitussäädin

Säätimien asetusarvo muodostetaan ahtimen paineesta (MAX valinta) ja oloarvo pakokaasun lämpötiloista (keskiarvo). Säädöllä pyritään rajoittamaan pakokaasun lämpötilan kohoamista yli sallitun raja-arvon. Käynnistyksessä rajoitussäädin ei ole käytössä. Säätö on PI-säädin jonka lähtö menee MIN-valitsimen kautta turbiinisäätäjälle.

5.8 Kiihtyvyysrajoitin

Kiihtyvyysrajoitin rajoittaa pyörimisnopeuden nousua yli sallitun rajakäyrän kaasuturbiinin käynnistyksessä ohjaamalla polttoaineen säätöventtiileitä kiinnisuuntaan. Säätimenä on PI-säädin jonka lähtö menee MIN-valitsimen

kautta turbiinisäätäjälle. Säätimen mittauksen kiihtyvyys lasketaan hetkellisenä nopeuden muutoksena kierrosluvusta.

5.9 Jäähdytysilman lämpötilarajoitin

Jäähdytysilman lämpötilarajoitin ohjaa tehon minimiin, kun yksi viidestä lämpötilamittausryhmästä ylittää ”laukaisurajan” (jäähdytysilman lämpötilamittaukset on ryhmitelty pareittain viiteen ryhmään).

5.10 Käsiasemat

Turbiinisäätimen MIN-valitsimen jälkeen jokaiselle polttoaineventtiilille ohjelmoitiin omat ilman säätöparametreja olevat niin sanotut käsiasemat, jotka seuraavat turbiinisäättäjän ohjauksia ollessaan automaattiohjauksessa. Näistä säätimistä saadaan venttiilien ohjauksia tehtyä käsin, kun säätimet ovat manuaalimoodissa. Näiden ohjaukset hidastettiin rampeilla siten, ettei säätimen lähdön arvoa käsin muuttamalla saataisi aiheutettua polttoaineen syötön katkeamista ja näin aiheutettua alasajoa.

5.11 Säättöjen viritys

Säättöjen viritykset tehtiin eri mittasuureista tehtyjen trendien eli käyrästöjen avulla. Näitä hyödynnettiin koeajojen aikana sekä näiden jälkeen vertailemalla eri koeajojen säätökäyriä toisiinsa. Näin haettiin säädinkohtaiset parametrit, jotka parametroidiin säätimille.

Turbiinia viritettäessä optimiarvoihin piti huomioida seuraavat asiat:

- Polttoaineventtiilien epälineaarisuus, joka jouduttiin ohjelmallisesti linearisoimaan.
- Samalla ohjauksella saadaan eri tehot sen mukaan, käytetäänkö kaasua vai öljyä. Tämä näkyi vaihtotilanteen tehon huojuntana. Eli vaihtotilanteessa vaihdettaessa kaasulta öljylle, ajetaan kaasun pääsäättöventtiiliä kiinni ja avataan öljyn pääsäättöventtiiliä.

- Turbiinin hyötysuhde nousee tehojen noustessa. Siis minimiteholla prosentuaalisesta ohjauksesta saatava tehovaste on huomattavasti pienempi kuin oltaessa lähellä maksimitehoja. Tämän vuoksi PI-säädön parametrit jouduttiin asettamaan pieniksi. Kaikki ohjauksissa tehtävät muutokset näkyivät nopeana vasteena tehossa.

5.12 Esimerkkiohjelmat

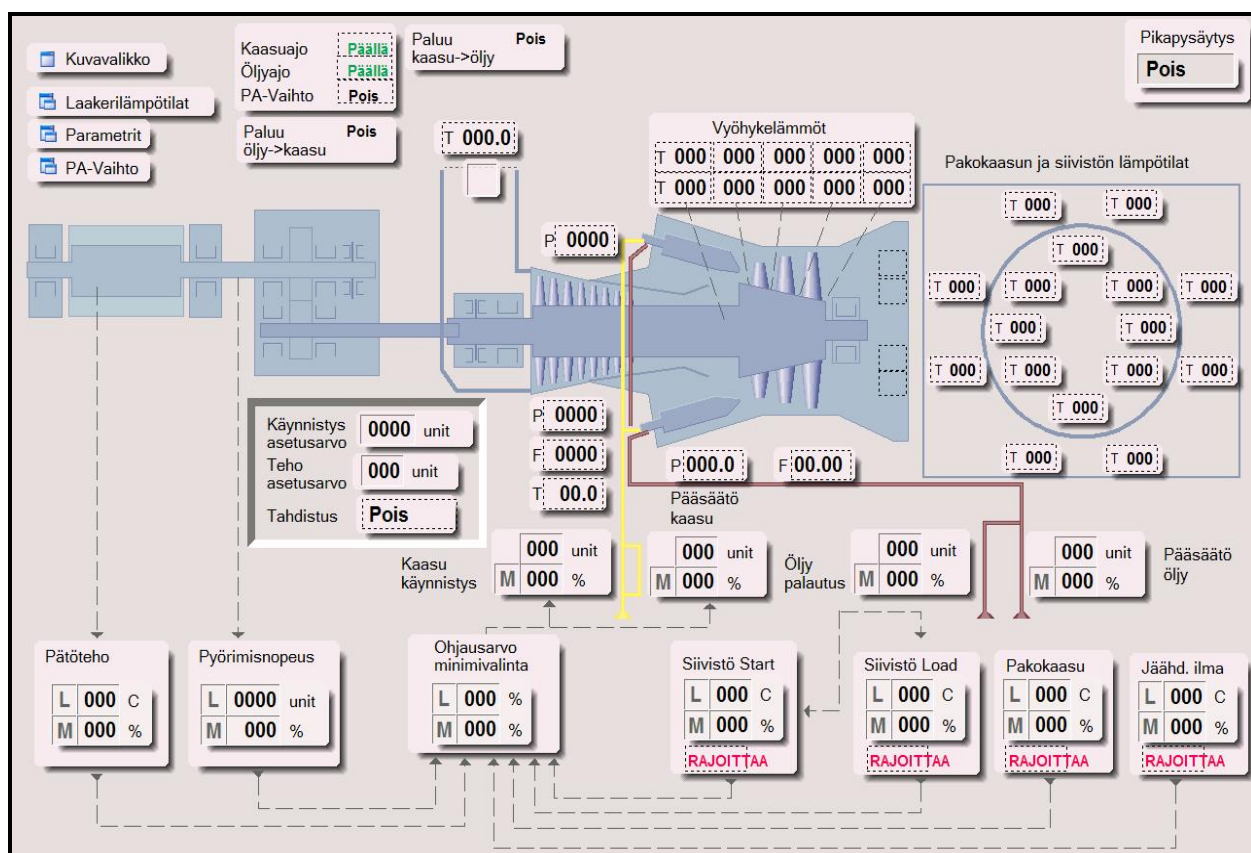
Liite 1, kierroslukusäädin

Liite 2, siivistön lämpötilan rajoitussäätö

Liite 3, ylösajoasetusarvon muodostus

6 Käyttöliittymä

Käyttöliittymä on toteutettu metsoDNA ohjelmiston DNAuse-editor ohjelmalla. Säättöjä varten tehtiin kaksi omaa ajokaavionäyttöä. Näissä näytetään tärkeimmät säädöt, asetusarvot sekä saadaan tarvittaessa näkyviin halutut viritysparametrit. Kuvan 7 ajokaaviossa näkyy kaasu- ja öljylinjat sekä tärkeimmät mittaukset.



Kuva 7. Turbiinin säätöjen ajokaavio

Kuvan näkymässä näyttö on auki suunnitteluohjelmassa, tästä johtuen päivittyvää prosessidataa ei siinä näy.

7 Käyttöönotto

Käyttöönotto tällaisissa uusintaprojekteissa on usein osoittautunut haasteelliseksi. Samoin tapahtui tässäkin projektissa. Yksi syy tähän on tehtyjen asennusten ja käyttöönotettujen järjestelmien kirjava ja puutteellinen dokumentointi. Moni tieto kulkeutuu laitoksissa perimätietona. Joten aina kun toimintoja uusitaan, niin joudutaan tulkitsemaan useita eri dokumentteja sekä tukeutumaan laitoksen henkilöstöön, jolla on kymmenien vuosien kokemus laitoksen käyttämisestä. Uusintaprojektin alussa tehtävä perussuunnittelu antaa yleensä vain suuntaviivat suunnittelun tekemiseksi. Toteutus muovautuu lopulliseksi vasta käyttöönoton aikana. Tämä näkyy pitkäkestoisena käyttöönottona ja useina koeajoina.

Koeajoja vaadittiin tässäkin projektissa useita eri vaiheissa. Ensin koestetaan yksittäiset signaalit kuntoon. Tämän jälkeen testataan yksittäiset toiminnot piireittäin. Sitten aloitetaan koeajot, ensin kylmätestauksina mahdollisimman pitkälle simuloitteja apuna käyttäen. Tämän jälkeen aloitetaan kuumakokeet eli ajot kaasun kanssa. Katsotaan toimintojen käyttäytyminen. Tästä edetään vaiheittain aina tehoajoihin asti. Niitäkin vaaditaan useita toimintojen kuntoon saamiseksi.

8 Yhteenveto

Koska kaasuturbiinin aiempi ohjausjärjestelmä oli 1970-luvun puolivälissä käyttöönotettu, niin koeajojen yhteydessä jo havaittiin, että turbiinilta saatavan datan määrä on moninkertainen aiempaan dataan verrattuna. Järjestelmän osana olevan historiankeruun avulla pystytään eri ajotilanteita jälkikäteen analysoimaan hyvinkin tarkasti sekä vertailemaan keskenään. Turbiinin ajaminen onnistuu kaukokäyttönä valvomosta käsin, eikä operaattorien välttämättä tarvitse mennä paikan päälle koneen viereen käynnistystä tekemään.

Lähdeluettelo

1 [www.metsoautomation.com/MetsoDNA /Architecture](http://www.metsoautomation.com/MetsoDNA/Architecture), 2004).

2 TG 20 B FIAT kaasuturbiinin käyttökirja

3 Voimalaitosautomaatio, Suomen Automaatioseura ry

4

http://www.gasum.fi/tietoamaakaasusta/mita_on_maakaasu/Sivut/Etusivu.aspx

http://www.gasum.fi/tietoamaakaasusta/maakaasun_kaytto/Sivut/default.aspx

